

坏,所以,现在一般是把 EFAD + 葡萄糖固定在瓶盖上,专用于吸收瓶颈空气中的氧。

参考文献

- 1 陈刚. 啤酒稳定化处理方法综述. 酿酒, 1998, 124(1): 5 ~ 7.
- 2 苗敬芝. 提高啤酒稳定性探讨. 酿酒, 1997, 121(4): 5 ~ 6.
- 3 冯霖. 啤酒稳定性的研究进展. 酿酒科技, 1999, 93(3): 56 ~ 57.
- 4 郑奕鹏. 影响啤酒非生物稳定性的因素及其控制. 食品工业科技, 1999, 20(4): 16 ~ 17.
- 5 赵辉. 啤酒麦汁多酚含量的合理控制. 酿酒, 1998, 124(1): 11 ~ 43.
- 6 梅丛笑. 啤酒澄清化技术. 食品科学, 2000, (1): 41 ~ 43.
- 7 宋常欣, 陈玲. 啤酒非生物稳定剂的应用和比较. 食品与发酵工业, 2001, 27(4): 79 ~ 81.
- 8 郑金成, 王国川等. 卡拉胶在啤酒酿造中的应用. 酿酒科技, 1999, 94(4): 58 ~ 59.
- 9 赵民强. 用麦汁澄清剂提高啤酒非生物稳定性. 酿酒科技, 1999, 29(3): 52 ~ 53.
- 10 刘月琴, 顾国贤. 卡拉胶对麦汁澄清的研究. 工业微生物, 1999, 29(3): 7 ~ 10.
- 11 李桂贤. 浅谈酿造单宁在啤酒生产中的应用. 酿酒科技, 2000, 97(1): 56 ~ 57.
- 12 高军, 巴秋成. 关于干硅胶提高啤酒非生物稳定性的探讨. 酿酒, 1999, 133(3): 87 ~ 88.
- 13 崔英德, 黎新明等. PVPP 吸附啤酒中多酚类物质的研究. 食品与发酵工业, 1999, 26(5): 90 ~ 91.
- 14 李崎, 顾国贤. 酿造过程中甲醛的添加对啤酒风味稳定性的影响. 酿酒, 1999, 133(3): 62 ~ 64.
- 15 薛业敏. 抗氧化剂在啤酒生产中的应用. 中国酿造, 2000, 106(2): 10 ~ 11.
- 16 刘鹤民, 姚炳荣等. 提高啤酒非生物稳定性的探讨. 酿酒, 1999, 133(2): 48 ~ 49.
- 17 顾国贤主编. 酿造酒工艺学. 中国轻工业出版社, 1996, 10.
- 18 McMurrough I, Delcours J A. Wort polyphenols. Ferment, 1994, (3): 175 ~ 182.
- 19 McMurrough I, Hennigan G P, Cleary K. Interaction of proteins and polyphenols in worts, beers and model systems. J Inst Brew, 1985, (91): 93 ~ 100.
- 20 Chapon L. The mechanics of beer stabilization. Brew Guard, 1994, 123(120): 46 ~ 50.
- 21 O'neill M. Advances in beer stabilization. Brew Guard, 1996, 125(2): 52 ~ 58.
- 22 Chapon L. Nephelometry as a method for studying the relations between polyphenols and proteins. J Inst Brew, 1996, (99): 49 ~ 56.

功能性油脂——共轭亚油酸研究进展

邵群 张慧 山东师范大学生命科学学院 济南 250014

边际 国家海洋局第一研究所 青岛 266003

T52 B

摘 要 作为一种新型功能性油脂, 共轭亚油酸由于具有抑癌、减肥、抗动脉硬化等多种有益作用在国际上越来越受关注。本文分别从其分子组成、生理功能及分子生物学研究等方面进行综述。

关键词 功能性油脂 共轭亚油酸 生理功能

Abstract As a new functional oil, conjugated linoleic acid has gained considerable international attention because of its several beneficial effects such as anticarcinogenic, body fat reducing, atherosclerosis decreasing etc. Its molecular composition, function and molecular biological study were summarized in this paper.

Key words Functional oil Conjugated linoleic acid Physiological function

1 概况

功能性油脂是一类具有特殊生理功能的油脂, 包括多不饱和脂肪酸及磷脂等, 比较引人注意的多不饱和脂肪酸主要有亚

油酸、 γ -亚麻酸、二十碳五烯酸(EPA)和二十二碳六烯酸(DHA), 磷脂有卵磷脂、脑磷脂、肌醇磷脂、丝氨酸磷脂等。其中, 亚油酸为必需脂肪酸; γ -亚麻酸对降低胆固醇具有特殊功能; 二十二碳六烯酸(DHA)和二十碳五烯酸(EPA)可降低血小

板凝聚,降低血脂,改善血液流变性,预防冠心病;DHA有健脑功能,对提高记忆力、判断力,防止大脑衰老有特殊作用,并有抑癌效果;磷脂是含有磷酸根的一类脂化合物,对生物膜的生物活性和机体内的正常代谢有重要调节功能。近年来,一种新型功能性油脂——共轭亚油酸,因其所具有的多种有益作用日益引起人们的注意。

共轭亚油酸(Conjugated linoleic acid, CLA)是一类在9与11位、10与12位或11与13位碳原子处含有顺式或反式共轭双键的十八碳二烯酸,是亚油酸(9Z,12Z-18:2)分子的几种位置与几何异构体的通称。1987年美国威斯康辛营养研究所的Ha^[1]及其同事从牛内脂肪中发现了一种具有抑癌活性的成分,并证明此成分是CLA。二十几年来,已发现CLA在多种动、植物及人体的某些组织中广泛存在,特别是源自反刍动物的乳制品中含量丰富。大量的研究证实,CLA具有抑制癌症和肿瘤的形成、减肥、抗动脉粥样硬化、改善免疫功能、降低胆固醇、促进生长等多种生物活性^[2]。

在各种CLA异构物中,9Z,11E-CLA被认为是最主要的活性形式,它是天然产物中主要的异构物,占来自反刍动物乳制品及肉制品中总CLA的73%~93%,在喂饲CLA的动物组织中是被吸收入磷脂部分的主要异构体^[3]。

作为一种新型的功能性油脂,CLA及其无毒的衍生物如盐类可以添加到人或动物的日常食品中,对人及动物具有很好的保健作用。专家建议,人们每天所需补充的共轭亚油酸量为每天摄取食物重量的0.01%~2.00%,按每天进食量为1000g计,则每天需补充共轭亚油酸1~3g左右较为适宜。1994年开始,在美国等西方国家,CLA已作为一种新型保健品投放市场。

2 生理功能

2.1 抗癌作用

无论是在对小鼠、大鼠等模式动物还是在对人类肿瘤的研究中,都观察到CLA对于多种肿瘤细胞的广谱抑制作用。

CLA对于化学方法诱导的小鼠皮肤癌、胃癌、乳腺癌的发生是一个有效的抑制因子,对大鼠乳腺癌的抑制作用也很明显。CLA对于体外培养的人的乳腺癌MCF-7细胞、肺癌A-427细胞、肺癌SKI-LU-1及A-549细胞、恶性黑色素瘤M21-HPB细胞、直肠癌HT-29细胞及肝癌HepG2细胞等的扩增也表现出明显的抑制作用,抑制程度依CLA剂量、处理时间而不同^[4]。

CLA广谱抗癌作用的机制也在研究中。首先,CLA具有调节脂肪代谢的能力,此能力可能是其抗癌作用的关键机制^[5]。第二,CLA对于肿瘤的抑制效应部分程度上基于增加的脂类过氧化反应^[6]。第三CLA通过增加细胞凋亡从而抑制早期癌变损伤的建立也是其抗癌作用的机制之一^[7]。

2.2 减肥作用

1992年Chin等^[8]报道了CLA能降低脂肪含量并增加肌肉质量,后来在人及鼠类、鸡等动物中都观察到膳食中补充CLA能

达到减肥的目的。Sprague Dauley大鼠补充CLA五星期,腹膜后及子宫旁脂肪垫的重量减少了13%~32%,体重减轻了15%~29%(Azain等,2000);ICR小鼠补充CLA后,身体脂肪降低了57%~60%,而身体肌肉质量增加了5%~14%(Park等,1997);体外培养的3T3-L1前成脂细胞的增殖随补充CLA量的增加而明显减少(Evans等,2000)。

人类过度肥胖者补充CLA12周,身体脂肪质量大幅度降低(Blankson等,2000)。

CLA的减肥作用可能有几个机制(1)通过调节脂类代谢及能量代谢减少脂肪的积累^[9]。(2)CLA通过抑制增殖及诱导脂肪细胞的凋亡实现其减肥作用^[10]。(3)leptin可能介导CLA减少身体脂肪的作用。在人及鼠中都观察到CLA能迅速降低血液中的leptin水平,可能是CLA的抗肥胖机制之一^[11]。

2.3 CLA具有调节免疫功能的作用

CLA对于鸡及大鼠由于注射内毒素引起的生长速率的降低具有抑制作用(Cook等,1993);并能提高大鼠脾脏及肠系膜淋巴结淋巴细胞中免疫球蛋白IgG、IgM、IgA的产量(Sugano等,1998)。小鼠补充CLA后淋巴细胞的增殖、巨噬细胞的噬菌作用、IL-2(interleukin,白细胞介素-2)的产量以及对植物凝集素(phytohemagglutinin, PHA)刺激的免疫反应都有所提高(Hayek等,1999)。

2.4 防止动脉硬化

血液中LDL-胆固醇浓度高是动脉硬化的主要病因。Lee^[12]在白兔实验中观察到CLA能使白兔血液中总胆固醇及LDL-胆固醇含量明显下降,LDL-胆固醇与HDL-胆固醇的比率及总胆固醇与HDL-胆固醇的比率也显著下降;CLA有效地抑制了动脉硬化的发生,并引起已形成的动脉硬化的部分消退。Nicolosi(1997)在鼠中也观察到类似结果。

2.5 其他方面的作用

除了上述功能以外,动物实验中还发现CLA具有其他一些保健作用。CLA能增加大鼠骨骼形成的速率,对骨质疏松症、风湿性关节炎都有一定的缓解作用(Watkins, 2000);CLA对于小鼠中的红斑狼疮也有一定的保护抑制作用(Yang等,2000);另外CLA对于糖尿病的抵抗作用也有报道(Ryder等,2001)。

3 CLA的合成及分子生物学研究

目前CLA主要通过化学法合成,对于富含亚油酸的油类如红花油、大豆油或玉米油等进行碱及加热处理都能得到CLA,合成产物中有四种构型(8,10-,9,11-,10,12-及11,13-CLA)的顺/反位置异构物,其中主要是9Z,11E-CLA和10E,12Z-CLA。此法缺点是产品中各种异构体形式并存,无选择性。许多科学家致力于生物法合成CLA的研究,最早发现反刍动物乳汁中的CLA的厌氧的瘤胃细菌如Butyrivibrio fibrisolvens等将亚油酸转化为油酸过程中的一种中间产物,生成后被动物体吸收。后来,Jiang(1998)发现常作为乳制品发酵剂的菌种Propionibacterium freudenreichii能将游离的亚油酸转化为CLA。1999年,Pariza^[13]报道了一株乳酸杆菌(Lactobacillus reuteri

strain) 具有一种细胞膜结合酶, 它能以游离的亚油酸为原料合成 CLA, 同年, Lin 等^[14]报道了一株嗜酸乳酸杆菌 (*Lactobacillus acidophilus*) 也具有此转化能力, 这两株乳酸菌的作用产物中 9Z, 11E-CLA 的产量占总 CLA 的 90% 以上。由此得出结论: CLA 由 LA 转化而来, 但转化的具体机制并不清楚, 而且由此得到的 CLA 产量也不太高。2001 年日本的科学家 Ogawa 等^[15]报道了嗜酸乳酸杆菌 AKU 1137 以 LA 为原料转化为 CLA 的过程不是从一个非共轭双键经一步异构化而成为一个共轭双键, 而是涉及到中间产物羧基脂肪酸的合成, 这是首次揭示 LA 到 CLA 的转化机制。

有关 CLA 的研究多集中在其生理活性、合成机制、来源等方面, 而对催化 CLA 合成的酶及其基因的研究很少。科学家把能将共轭双键引入聚脂脂肪酸链的酶称为共轭化酶 (conjugase)。其基因的克隆仅在植物中有报道。1999 年, Cahoon 等^[16]从 *Morinda charantia* 及 *Impatiens balsamina* 中克隆到两个共轭化酶基因 MomoFadX (AF182521) 及 ImpFadX (AF182520), 两个酶分别能将亚油酸及亚麻酸 12 位碳原子的双键转变成 11E 及 13E 的两个共轭双键。2001 年 Xiao 等^[17]报道从 *Calendula officinalis* 中克隆到共轭化酶基因 CoFad2, 此酶能将油酸 9 位碳原子的双键转变为两个共轭双键, 得到产物 CLA (8E, 10E-18: 2), 这是目前唯一已克隆的能合成 CLA 的酶基因。

参考文献

- Ha YL, Grimm NK, Pariza MW. Anticarcinogens from fried ground beef: heat-altered derivatives of linoleic acid. *Carcinogenesis*, 1987, 8: 1881 ~ 1887.
- Whigham LD, Cook ME, Atkinson RL. Conjugated linoleic acid: implications for human health. *Pharmacol Res*, 2000, 42(6): 503 ~ 10.
- Ha YL, Storkson J, Pariza MW. Inhibition of benzo(a)pyrene-induced mouse forestomach neoplasia by conjugated dienoic derivatives of linoleic acid. *Cancer Res*, 1990, 50: 1097 ~ 1101.
- Mac Donald HB. Conjugated linoleic acid and disease prevention: a review of current knowledge. *J Am Coll Nutr*, 2000, 19(2 Suppl S): 111S ~ 118S.
- Moya Camarena SY, Belury MA. Species differences in the metabolism and regulation of gene expression by conjugated linoleic acid. *Nutr Rev*, 1999, 57: 336 ~ 340.
- Schonberg S, Krokan HE. The inhibitory effect of conjugated dienoic derivatives (CLA) of linoleic acid on the growth of human tumor cell lines is in part due to increased lipid peroxidation. *Anticancer Res*, 1995, 15(4): 1241 ~ 6.
- Ip C, Ip MM, Lftus T, et al. Induction of apoptosis by conjugated linoleic acid in cultured mammary tumor cells and premalignant lesions of the rat mammary gland. *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev*, 2000, 9(7): 689 ~ 696.
- Chin SF, Liu W, Pariza MW, et al. Dietary sources of conjugated dienoic isomers of linoleic acid, a newly recognized class of anti carcinogens. *J Food Compos Anal*, 1992, 5(3): 185 ~ 197.
- DeLany JP, West DB. Changes in body composition with conjugated linoleic acid. *J Am Coll Nutr*, 2000, 19(4): 487S ~ 493S.
- Tsuboyama Kasaoka N, Takahashi M, Tanemura K, et al. Conjugated linoleic acid supplementation reduces adipose tissue by apoptosis and develops lipodystrophy in mice. *Diabetes*, 2000, 49(9): 1534 ~ 42.
- Yamasaki M, Mansho K, Ogino Y, et al. Acute reduction of serum leptin level by dietary conjugated linoleic acid in Sprague-Dawley rats. *J Nutr Biochem*, 2000, 11(9): 467 ~ 471.
- Lee KN, Kritchevsky D, Pariza MW. Conjugated linoleic acid and atherosclerosis in rabbits. *Atherosclerosis*, 1994, 108: 19 ~ 25.
- Pariza MW, et al. Method of producing conjugated fatty acid. United states Patent, 1999.
- Lin TY, Lin CW, Lee CH. Conjugated linoleic acid concentration as affected by lactic cultures and added linoleic acid. *Food Chem*, 1999, 67: 1 ~ 5.
- Ogawa J, Matsumura K, Kishino S, et al. Conjugated linoleic acid accumulation via 10-hydroxy-12-octadecanoic acid during microaerobic transformation of linoleic acid by *Lactobacillus acidophilus*. *Appl Environ Microbiol*, 2001, 67: 1246 ~ 1252.
- Edgar B, Cahoon, Thomas J. Biosynthetic origin of conjugated double bonds: Production of components of high-value drying oils in transgenic soybean embryos. *PNAS*, 1999, 96(22): 12935 ~ 12941.
- Xiao qiu, Darwin W. Reed. et al. Identification and Analysis a gene from *Calendula officinalis* encoding a fatty acid conjugase. *Plant Physiol*, 2001, 25(125): 847 ~ 855.